



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

**SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL APLICADO NA ANÁLISE DA
DINÂMICA DE DISPERSÃO DE COAS NA BAÍA DE SEPETIBA, RJ.**

Heloisa Carolina de Moraes da Silva

MONOGRAFIA

BRASÍLIA
2019



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

Heloisa Carolina de Moraes da Silva

**SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL APLICADO NA ANÁLISE DA
DINÂMICA DE DISPERSÃO DE COAS NA BAÍA DE SEPETIBA, RJ.**

**Monografia de especialização em
Geoprocessamento Ambiental
apresentado a banca examinadora do
Instituto de Geociências como
exigência para a obtenção do título de
Especialista em Geoprocessamento.**

Aprovada em 26/04/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra . Rejane Ennes Cicerelli (Orientadora)

Prof. Dra . Tati de Almeida

Prof. Dr. Jeremie Garnier

Sensoriamento remoto orbital aplicado na análise da dinâmica de dispersão de COAs na Baía de Sepetiba, RJ.

Silva, H. C. M.; Cicerelli, R. E.; Almeida, T.

Resumo

A má gestão dos resíduos sólidos e aquosos acarreta a poluição dos recursos hídricos, sendo esses muitas vezes descartados diretamente nos sistemas aquáticos, sem nenhum tratamento. Com isso os usos dos recursos vão sendo, cada vez mais, limitados a população. Áreas urbanas de crescimento desordenado geralmente são desprovidas de saneamento básico adequado e controle ambiental de atividades de impacto. A região que circunda a Baía de Sepetiba é um exemplo desse quadro. O Sensoriamento Remoto apresenta-se como importante ferramenta de estudo de ambientes aquáticos interiores. Imagens orbitais dos sensores TM e OLI da plataforma Landsat foram utilizadas a fim de entender a distribuição, a composição estimada das águas e como elas se relacionam entre si e com o ambiente, além de fazer uma comparação temporal para averiguar a evolução do quadro de poluição da baía.

Palavras chave: sensoriamento remoto da água, baía de sepetiba, componentes opticamente ativos, qualidade da água.

INTRODUÇÃO

A segurança da qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos tem sido cada vez mais, motivo de preocupação mundial devido ao crescimento exponencial da demanda do consumo de água potável no mundo. Para tanto, uma gestão integrada e eficiente é de fundamental importância. O principal agente de degradação dos sistemas hídricos é o aporte de poluentes provenientes de atividades antrópicas, ocasionando a limitação de seus usos, assoreamento de canais, disseminação de doenças, mortandade de espécies aquáticas, entre outros.

O Sensoriamento Remoto vem sendo usado como ferramenta auxiliar em estudos e monitoramentos de sistemas aquáticos. Mostram-se relevantes, pois oferecem dados sinópticos que abrangem grandes áreas e intervalos temporais, propiciando uma análise integrada do sistema e seus diversos fatores de transformação (NOVO *et al.*, 2007). Desta forma, o Sensoriamento Remoto pode ser usado para analisar desde a extensão espacial dos corpos d'água, até os constituintes orgânicos e inorgânicos dissolvidos na água (JENSEN, 2009), nomeados de componentes opticamente ativos (COAs).

Baseando-se em estudos acerca da resposta espectral da água a sensores multiespectrais, este trabalho tem o objetivo de avaliar a heterogeneidade e qualidade da água, estimando a natureza dos COAs presentes, bem como analisar a dinâmica da evolução do quadro na Baía de Sepetiba, RJ, utilizando imagens de quatro anos, com intervalo de dez entre eles.

Área de estudo

A área considerada neste trabalho foca na baía de Sepetiba, porém optou-se por extrapolar 10 quilômetros da restinga da Marambaia, em direção ao mar aberto, para fins comparativos. A Baía de Sepetiba localiza-se na região sudoeste do litoral do Estado do Rio de Janeiro e banha os municípios de Mangaratiba, Itaguaí e zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro e é limitada a Sul pela restinga da Marambaia e a Oeste pela Ilha Grande (figura 1). Apresenta zonas estuarinas e de mangue, e é caracterizada por uma massa de água semifechada que possui ligação livre com o mar aberto (Comitê da Bacia Hidrográfica Guandu, 2012).

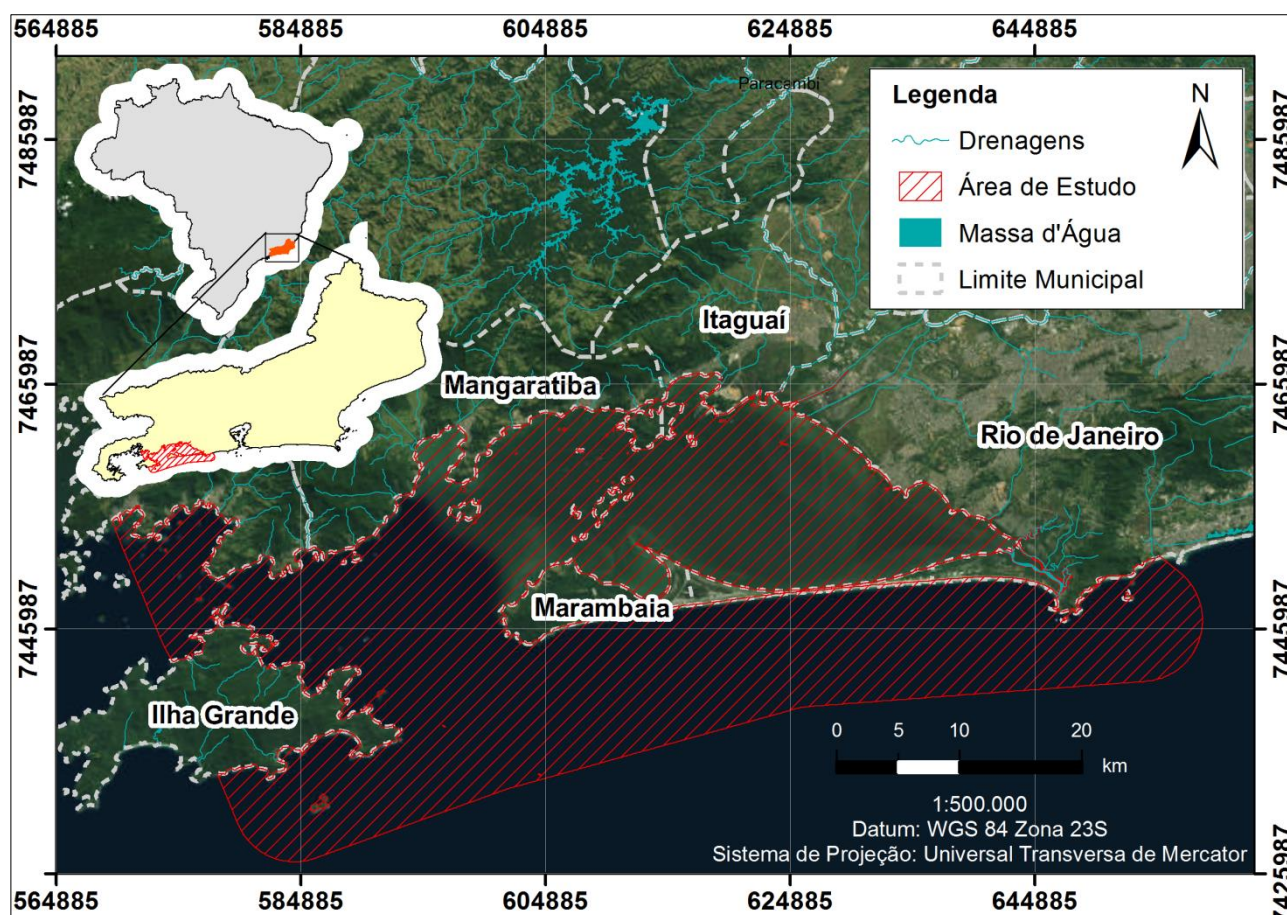


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.

A batimetria varia suavemente até 20 metros de profundidade, segundo dados de cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN). A figura 2 apresenta a interpolação desses dados feita pelo projeto Baías do Brasil (2018), da UFRJ, mostrando a área mais rasa localizada na zona leste e sudeste da baía, com um canal mais profundo que vai da conexão com o mar até a Ilha da Madeira.

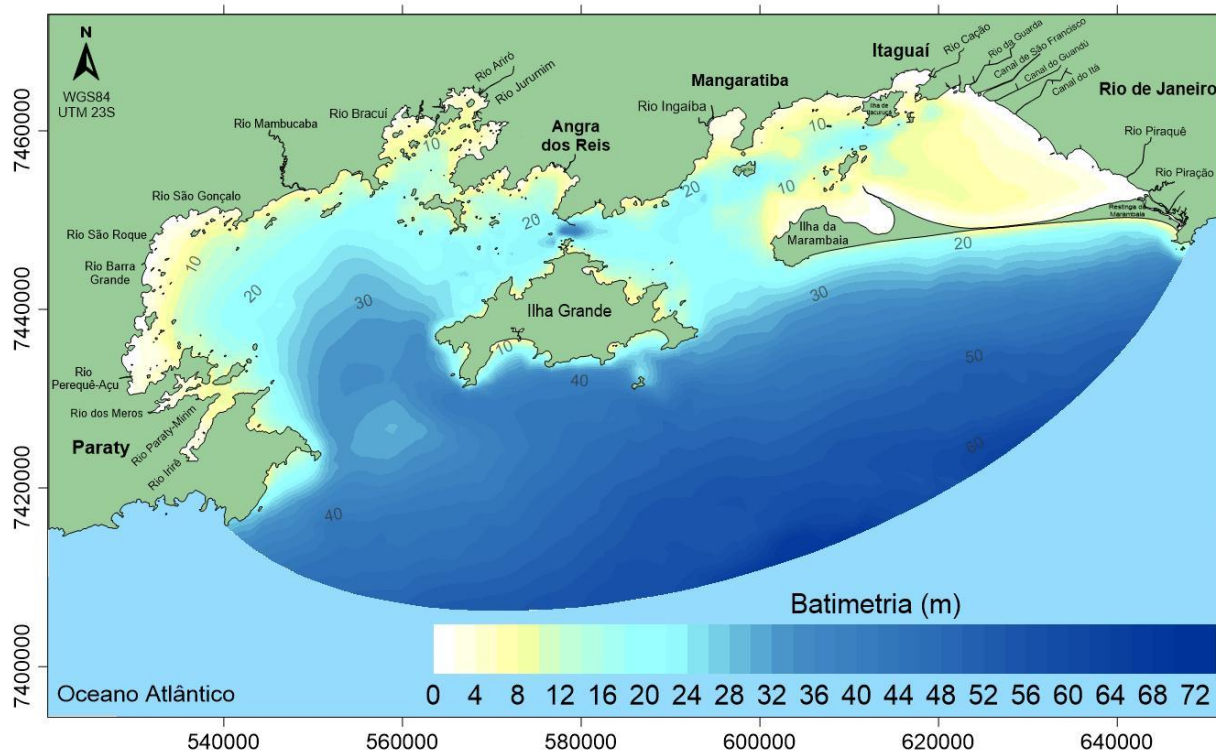


Figura 2: Mapa batimétrico da Baía de Sepetiba

Além da conexão com o mar, a Baía de Sepetiba recebe contribuição de águas continentais provenientes da bacia hidrográfica homônima. Tal bacia é composta principalmente, pelas sub-bacias dos rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim, totalizando uma área de drenagem de 1.921 km², cerca de 70% da bacia contribuinte (Comitê da Bacia Hidrográfica Guandu, 2012).

O Rio Guandu é o principal curso d'água da bacia de Sepetiba com 80 km de extensão, desembocando na baía pelo Canal São Francisco e contribui com 75% do material em suspensão que chega à baía. A maior parte de sua vazão é derivada da transposição das águas da bacia do Rio Paraíba do Sul, ativa desde o ano de 1962 (Comitê da Bacia Hidrográfica Guandu, 2012).

O crescimento populacional na região das bacias acarreta também os problemas de ordem ambiental, principalmente devido à exploração mineral, descargas industriais e de esgotos domésticos. Na região a leste da baía, o serviço de coleta de esgoto é deficiente, sendo a maior parte lançada no ambiente aquático sem nenhum tratamento, bem como a coleta de resíduos sólidos, que são muitas vezes descartados em lixões próximos às margens dos mananciais. Também ocorre

extração de areia, em todo o Rio Guandu e Canal de São Francisco onde os sedimentos finos são lançados de volta aos cursos d'água (Comitê da Bacia Hidrográfica Guandu, 2012).

O boletim de qualidade da água para a Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, emitido pelo INEA, no ano de 2018 (figura 3), atestam a má qualidade dessas águas. Esses boletins o Índice de Qualidade de Água (IQANSF), calculado com os resultados do monitoramento dos corpos d'água integrantes da bacia. Este índice consolida em um único valor os resultados dos parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total (PT), Nitrogênio Nitrato (NO₃), Potencial Hidrogeniônico (pH), Turbidez (T), Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Temperatura da Água e do Ar e Coliformes Termotolerantes. A Resolução Conama 357/2005 estabelece os parâmetros de qualidade da água com limites individuais para as diferentes substâncias presentes (INEA, 2018). A figura 4 explicita a distribuição dos pontos de amostragem e o índice de qualidade da água médio para o ano de 2018.

RESULTADOS REFERENTES AO ANO DE 2018															
Estação de amostragem	Localização	Município	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	IQA NSF Média (2018)
CA140	Rio Cação	Itaguaí			62,6	58,0							43,0		54,5
CU650	Rio Cabuçu	Nova Iguaçu													
EN670	Rio Engenho Velho	Rio de Janeiro		58,0									44,2		51,1
GM180	Rio Guandu-Mirim			23,6									18,7		21,2
GN200	Rio Guandu	Nova Iguaçu	60,3	61,6	63,3	61,9							62,2	62,3	61,9
GN201		Seropédica	60,0	64,6	67,0	65,3							58,8	66,3	63,7
GR100	Rio da Guarda	Itaguaí		29,8									27,4		28,6
IG010	Rio Ingaíba	Mangaratiba	71,0											77,5	74,2
IG301	Rio Itaguaí	Itaguaí			33,8	38,8							29,5		34,0
IR251	Rio Ipiranga	Nova Iguaçu													
IT040	Canal do Itá	Rio de Janeiro		21,2									28,3		24,7
IU100	Rio Itinguçu	Mangaratiba			66,4	59,3							68,7		64,8
LG350	Ribeirão das Lajes	Pirai	66,4	72,7	64,8	67,8							66,8	80,3	69,8
LG351		Paracambi	61,7	73,4	61,4	76,2							76,0	64,6	68,9
MC410	Rio Macaco	Paracambi		44,6	29,1	33,7							35,6	35,0	35,6
PI0241	Rio Pirai	Barra do Pirai		39,9									35,8		37,9
PM360	Rio Piranema	Itaguaí			24,1	24,1							29,1		25,8
PO290	Rio dos Poços	Queimados	24,3	38,2	33,5	41,1							37,3	39,0	35,6
PR000	Rio Piraquê	Rio de Janeiro		26,1									18,1		22,1
QM270	Rio Queimados	Queimados	15,2	16,4	16,2	32,4							19,3	24,6	20,7
QM271			17,0	16,1	16,9	26,6							21,7	15,9	19,0
SA030	Rio Santo Antônio	Mangaratiba	60,9											70,9	65,9
SC490	Rio do Saco				57,7	62,1							52,0		57,2
SF080	Canal de São Francisco	Rio de Janeiro		58,6									67,6		63,1
SH300	Rio Sahy	Mangaratiba			72,9	67,6							60,8		67,1
SN331	Rio Santana	Paracambi	47,2	60,8	64,5	45,7							65,7	43,1	54,5
SP310	Rio São Pedro	Japeri	62,5	74,2	74,7	67,4							68,5	69,0	69,4
VS660	Vala do Sangue	Rio de Janeiro		22,7									17,7		20,2
Categoria de Resultados			EXCELENTE			BOA		MÉDIA			RUIM		MUITO RUIM		
IQA _{NSF}			100 ≥ IQA ≥ 90			90 > IQA ≥ 70		70 > IQA ≥ 50			50 > IQA ≥ 25		25 > IQA ≥ 0		
Significado			Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público									Águas impróprias para tratamento convencional visando abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados			

Figura 3: Boletim de qualidade da água emitido pelo INEA, para o ano de 2018.

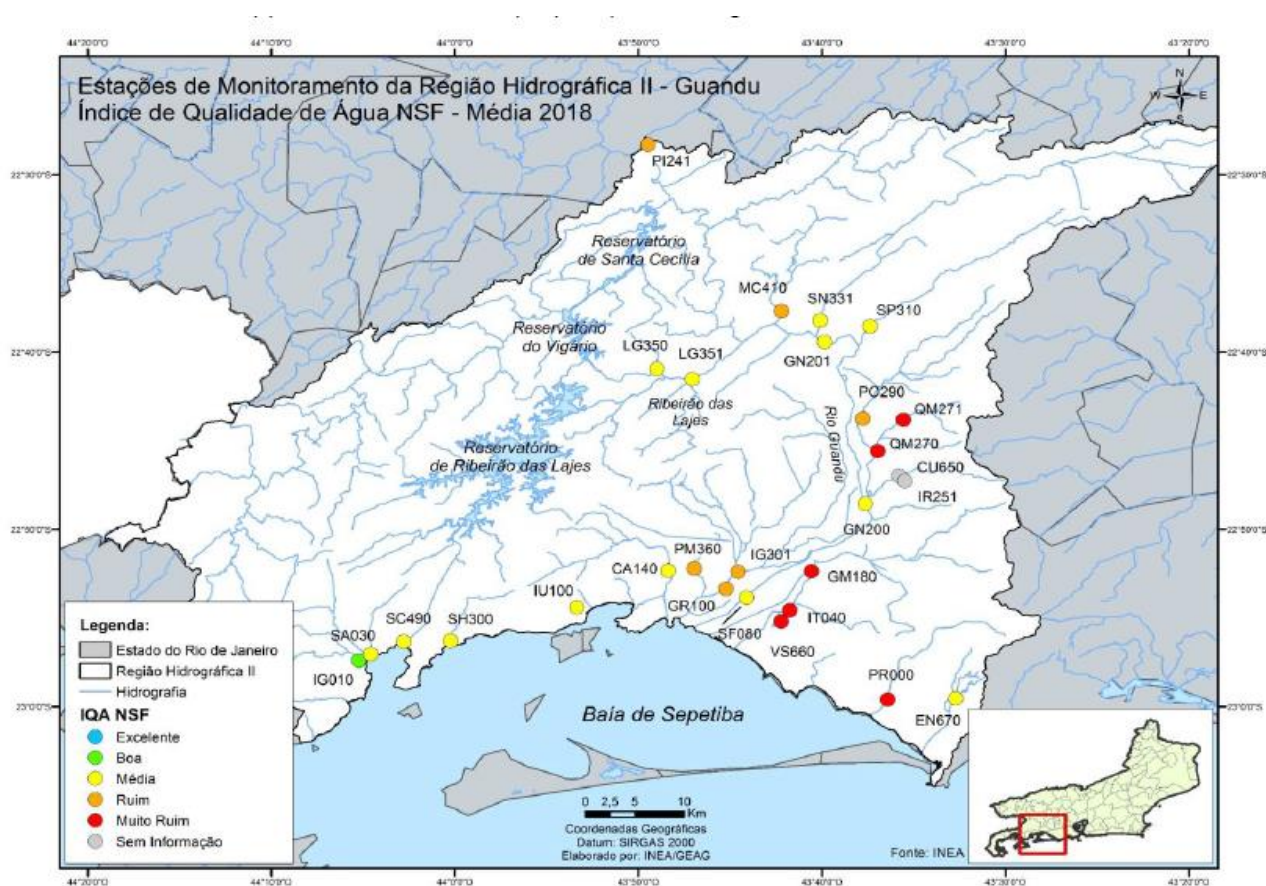


Figura 4: Mapa de distribuição dos pontos de amostragem de águas continentais da Bacia do Rio Guandu.

À beira da baía está o Polo Industrial de Santa Cruz (figura 5), onde se destacam as indústrias de pirometalurgia, siderurgia e metalurgia, sendo o maior complexo siderúrgico da América Latina ARAÚJO *et al.*, 2017). A Ilha da Madeira abriga dois importantes portos que são o Porto de Itaguaí e o Porto Sudeste. Os portos possuem terminais para cargas a granel e pátios para armazenamento de minérios. Todo esse sistema industrial e portuário é responsável pela carga de metais pesados da Baía de Sepetiba, como Mn, Zn, Cu, Cr, Ni e Cd, que se depositam nos sedimentos da baía ARAÚJO *et al.*, 2017). Porém, retornam à superfície devido às obras de dragagem dos portos.

Além dos problemas de eutrofização, e poluição orgânica e por metais pesados, a baía sofre um processo de assoreamento, sendo a área mais prejudicada a praia de Sepetiba, que sofre com o avanço do mangue. Devido à topografia aplainada da área, os rios que deságuam na baía vêm sendo retificados, canalizados e dragados, apresentando seus cursos bastante modificados do original (Comitê da Bacia Hidrográfica Guandu, 2012).

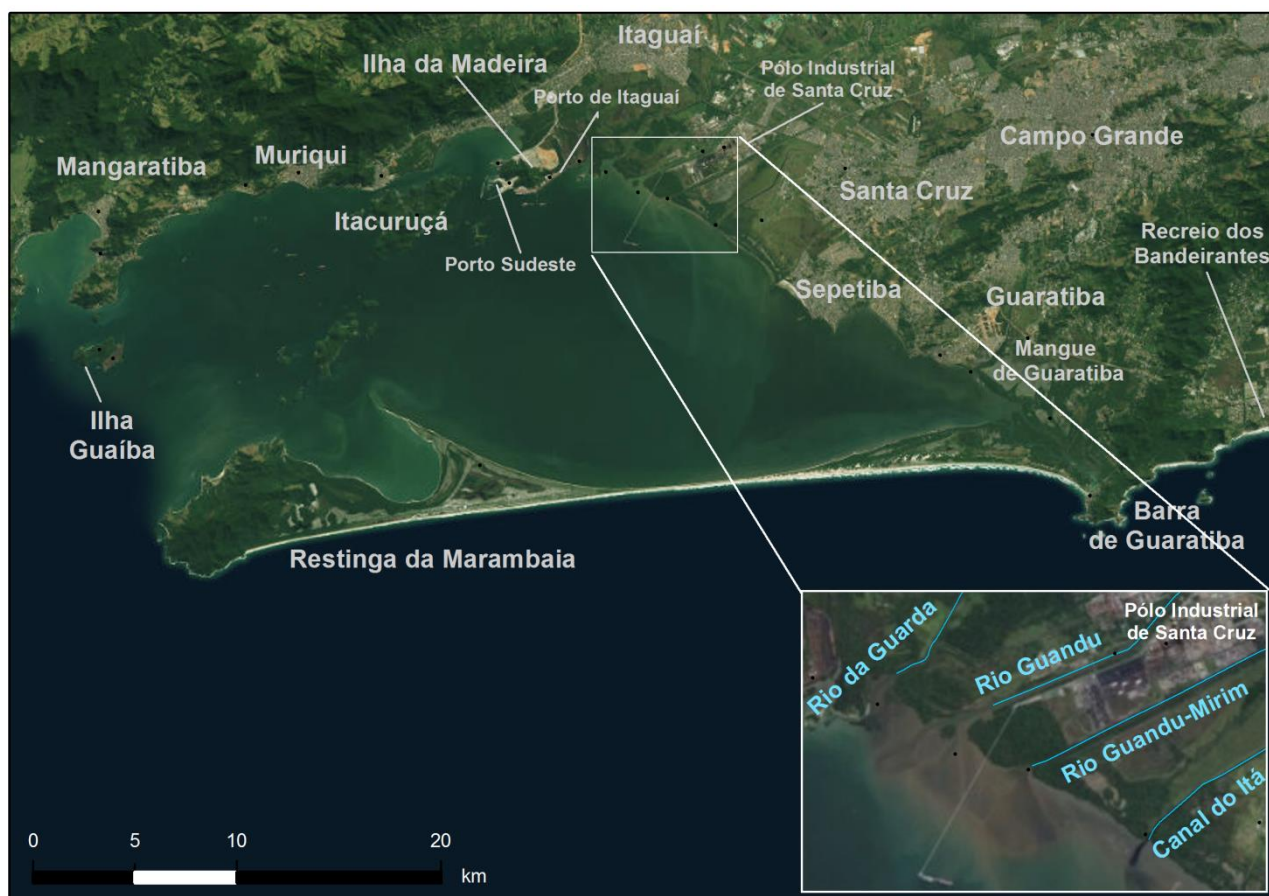


Figura 5: Imagem representativa das localidades mais relevantes da região.

METODOLOGIA

Para análise espectral da água, foram utilizadas imagens, órbita/ponto 217/76, corrigidas para reflectância, dos sensores, TM do satélite Landsat 5, para os anos de 1988, 1998 e 2008 e do sensor OLI do Landsat 8 para o ano de 2018, disponibilizadas pela USGS. As datas das imagens foram escolhidas preferencialmente para a época da seca, quando possível, para evitar superestimação dos resultados (MACHADO E BAPTISTA, 2016) e cobertura de nuvens, com intervalo de dez anos entre cada uma; são elas 22 de Março de 1988, 8 de Julho de 1998, 23 de Outubro de 2008 e 15 de Julho de 2018. Os produtos LANDSAT 5 e 8 possuem resolução espacial de 30 metros e resolução espectral de 6 e 9 bandas, respectivamente.

O comportamento espectral de águas naturais é função da interação da radiação eletromagnética com os COAs presentes nela (MOBLEY, 2004), desta forma, o intervalo do espectro mais adequado para análise vai da faixa do visível ao infravermelho próximo (KISHINO et al., 1984). Neste trabalho, foram utilizadas, para os dois sensores, as bandas do azul, verde, vermelho, infravermelho próximo (NIR), infravermelho de ondas curtas (SWIR) 1 e 2 do espectro

eletromagnético. Nesta região do espectro ocorrem as feições características de absorção e espalhamento da água (JENSEN, 2009). Para melhor apresentação dos resultados as bandas foram nomeadas de banda 1 (azul), banda 2 (verde), banda 3 (vermelho), banda 4 (NIR), banda 5 (SWIR 1) e banda 6 (SWIR 2) para os dois sensores.

A área prévia de estudo foi delimitada a partir de arquivos vetoriais oficiais da base cartográfica do IBGE, na escala de 1: 250.000, adicionando à área da Baía de Sepetiba uma faixa de 10 quilômetros de largura a partir da linha de costa. Para isolar a massa d'água, foi aplicado o método de classificação não supervisionada com o algoritmo ISODATA do *software* ENVI 5.3 sobre a banda do SWIR 1 de todas as quatro cenas, a fim de gerar uma máscara e limitar a análise à baía. As bandas do infravermelho representam a região de absorção da energia eletromagnética na água, sendo as mais indicadas na discriminação de terra e água (JENSEN, 2009). Com as imagens multiespectrais, de cada cena, já mascaradas, o mesmo algoritmo de classificação foi empregado a fim de diferenciar classes de água de resposta espectral semelhante. O algoritmo ISODATA opera reunindo *pixels* segundo a relação com os vizinhos, baseado em dados estatísticos espectrais (SPRING, 2017).

A partir das classes geradas, extraiu-se os dados estatísticos de média de reflectância e desvio padrão da média, calculados pelo *software* ENVI 5.3, para análise do comportamento espectral de cada classe em cada ano. As informações foram dispostas em gráficos de várias maneiras para proporcionar melhor comparação e observação dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processamento realizado para classificação resultou na discriminação de quatro classes, de comparação relativa entre si, em cada cena, em relação à concentração de Componentes Opticamente Ativos. São elas, baixa concentração, média concentração, alta concentração e muito alta concentração de COAs. A estimativa comparativa da concentração dos componentes da água presentes foi feita com base nos valores relativos de reflectância. As classes não são padronizadas quanto aos valores de reflectância e nem são calculadas as concentrações dos componentes, portanto o significado da classificação pode variar de acordo com a cena. Deste modo, os valores estatísticos serão representados de diversas maneiras para permitir o entendimento de como elas se diferem uma da outra numa mesma cena, e como elas se relacionam no espaço temporal analisado.

Os valores de desvio padrão calculados para cada banda são apresentados na figura 6. Nota-se que a classe de muito alta concentração de COAs-se tem os maiores e mais variados valores em todos os anos, seguindo em decréscimo para as outras classes, de acordo com a quantidade relativa de COAs. As de menores variabilidades espectrais localizam-se nas regiões mais centrais da baía, enquanto que as mais próximas das margens e desembocaduras apresentam maior variabilidade.

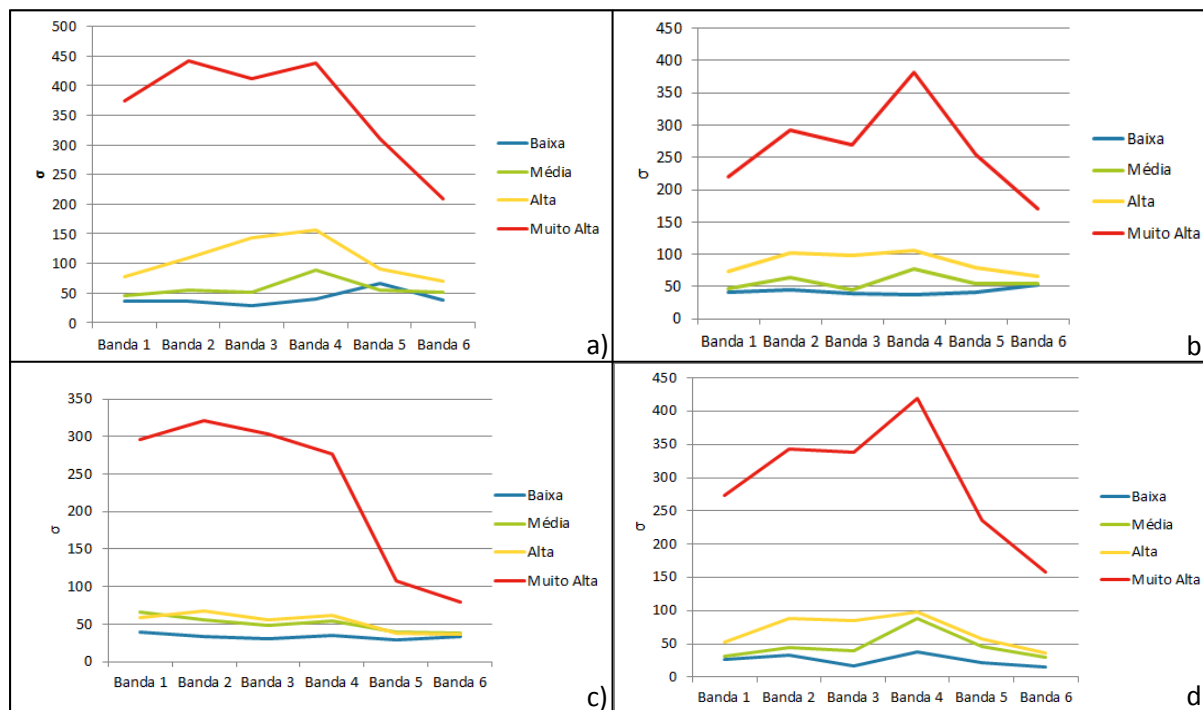


Figura 6: Gráficos com os valores calculados de desvio padrão para cada banda. Em a) Ano 1988; b) 1998; c) 2008 e d) 2018.

Caracterização espectral

O comportamento espectral da classe de baixa concentração de Componentes Opticamente Ativos segue uma tendência geral com pico de espalhamento na banda do azul, e absorção significativa nas demais, sendo máxima nas bandas do infravermelho (figuras 7 e 8). Tal comportamento apresenta-se semelhante ao da água pura (JENSEN, 2009), porém com valores de reflectância máxima muito acima do esperado para água pura (em torno de 2%) e apresentando feições de espalhamento de pequena dimensão na banda do NIR.

Para a classe de média concentração, nos anos de 1988 e 2018 as curvas apresentam picos de espalhamento na banda 2, do verde, seguidos de uma ampla região de absorção da reflectância. Nesta mesma classe, nos anos de 1998 e 2008 também ocorrem picos de reflectância na banda do verde, porém de menor magnitude, seguido de absorção na banda do vermelho e espalhamento na

banda do NIR. As curvas obtidas da classe de alta concentração têm comportamento semelhante ao da classe anterior, com valores de reflectância média cerca de 40% mais altas. Segundo Han (1997) curvas espectrais para águas com presença de clorofila exibem ampla absorção na faixa do azul, pico de máxima reflectância na faixa do verde, uma feição de absorção no vermelho e pico reflectância menos significativa no infravermelho próximo.

As curvas espectrais obtidas para a classe de muito alta concentração de COAs assemelham-se ao descrito para águas com sedimento em suspensão, com ressalva da curva do ano de 2008 que pode ser associada às águas com presença de clorofila. Jensen (2009) expõe que a reflectância da água aumenta em todos os comprimentos de onda quando há presença de sedimentos em suspensão, deslocando os picos para maiores comprimentos de onda na região do visível e infravermelho próximo. Isso resulta em curvas com expressiva absorção na faixa do azul do espectro, picos de espalhamento na região do verde ao NIR, com absorção considerável na região do infravermelho de ondas curtas.

As divergências nas curvas obtidas devem-se ao fato de que as classes abrangem um grande volume de água que se misturam no ambiente, sendo analisadas as médias das classes e não valores absolutos de *pixels* isolados.

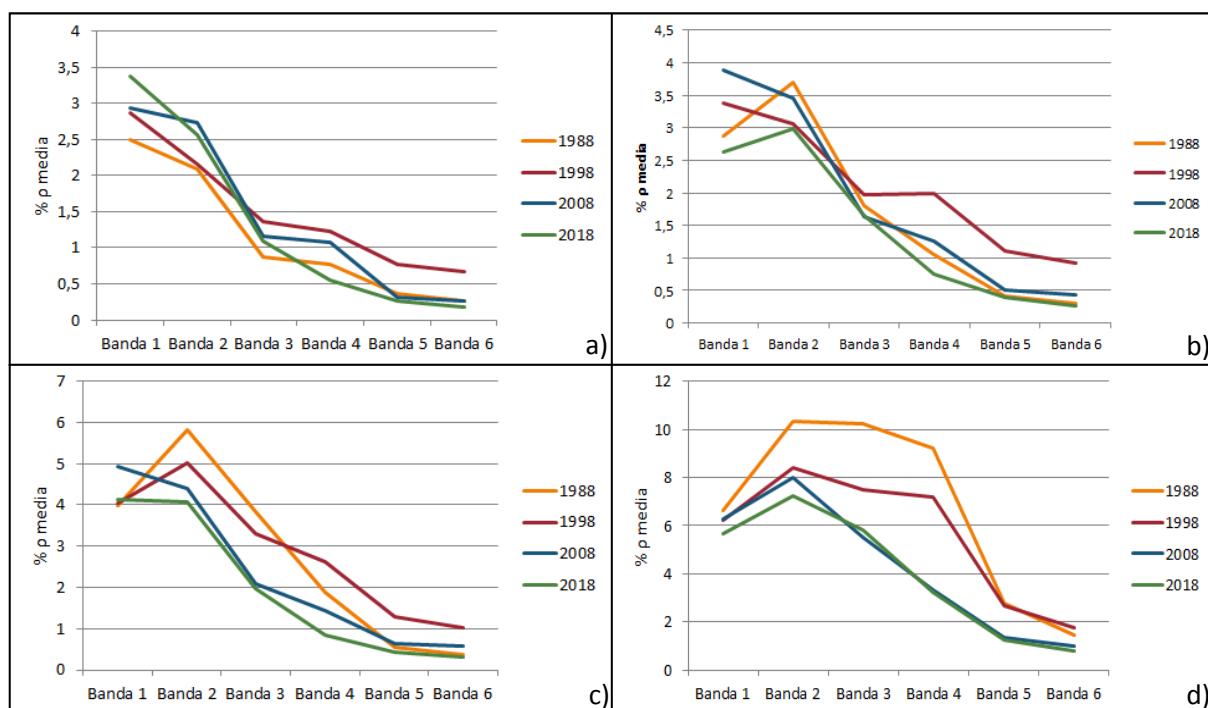


Figura 7: Curvas espectrais separadas por classes a) Baixa concentração de CO₂; b) Média; c) Alta; d) Muito alta.

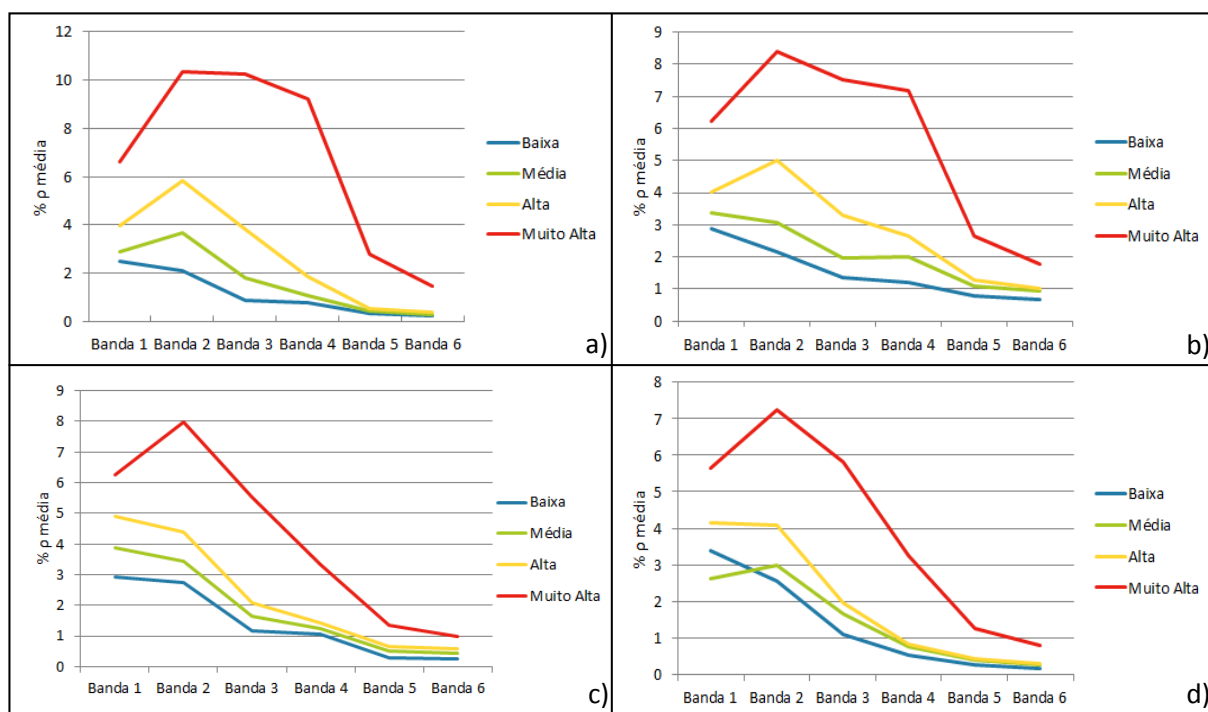


Figura 8: Curvas espectrais separadas por ano a) 1988; b) 1998; c) 2008; d) 2018.

Distribuição espacial

A classe de baixa concentração de Componentes Opticamente Ativos abrange, de maneira geral as porções de mar aberto e partes profundas da baía até a conexão com o mar (figura 9). A classe de média concentração ocupa a área central, porém nas cenas dos anos de 1998 e 2008, observa-se presença significativa desta classe na região externa da baía. Nas áreas rasas predomina a classe de alta concentração de COAs, bordejando a baía. Entretanto, essa classe também ocorre na faixa externa à baía nos anos de 2008 e 2018. A classe de muito alta concentração abrange de maneira expressiva, em todos os anos analisados, o delta formado pelas fozes dos rios da Guarda, Canal de São Francisco e Guandu-Mirim, sendo o principal emissor de poluentes orgânicos e inorgânicos na baía, regiões de influência de mangues, restinga, fozes menos importantes e destaca as áreas de deposição na borda leste da baía.

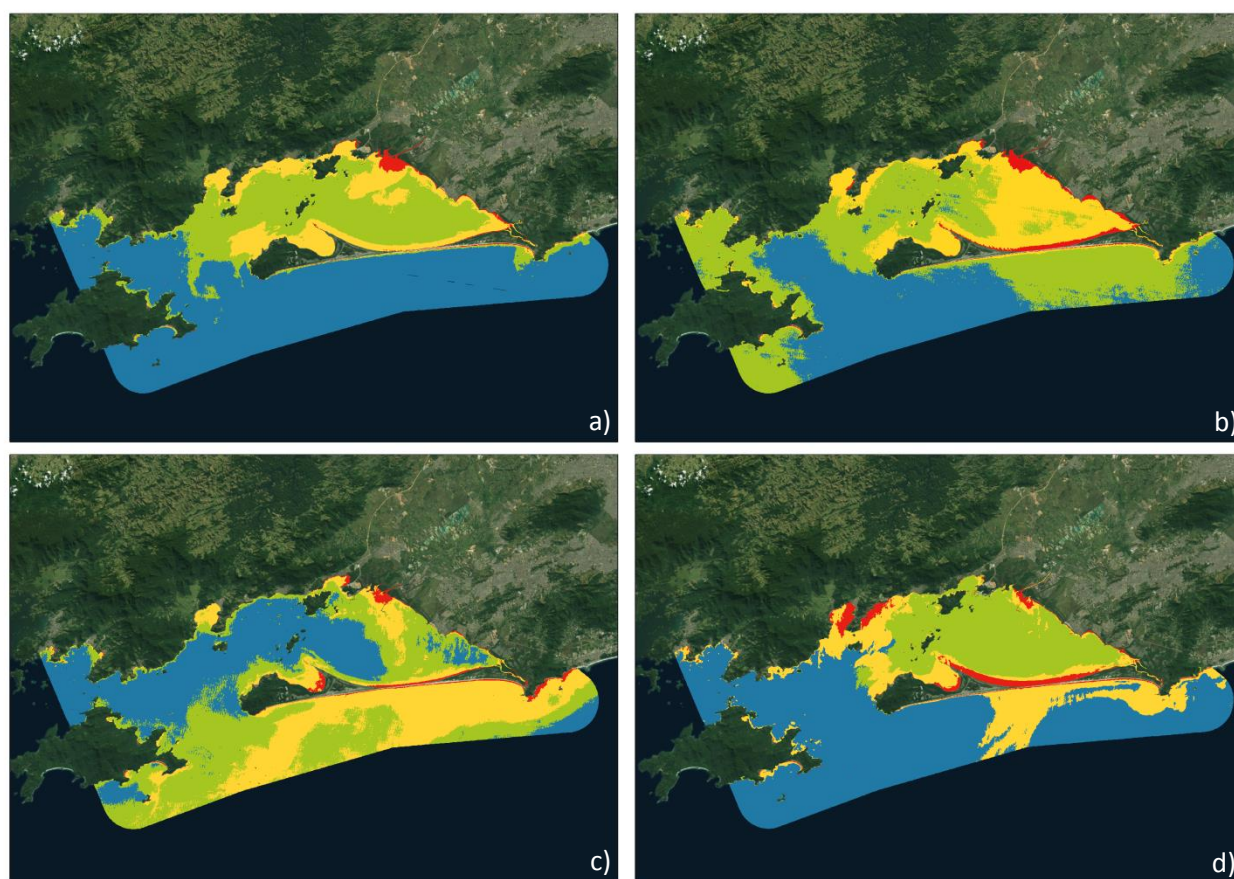


Figura 9: Distribuição espacial das categorias resultantes da classificação não supervisionada (algoritmo ISODATA). Baixa concentração em azul, média em verde, alta em amarelo e muito alta em vermelho. Em a) ano de 1988; b) 1998; c) 2008; d) 2018.

Desse modo, a classe de baixa concentração está associada às águas mais límpidas em áreas profundas e distantes da costa onde a influência dos resíduos continentais é mínima e a circulação da água é mais livre. As classes de média e alta concentração são águas com presença de clorofila, estando a primeira nas porções interiores da baía e a segunda predominantemente nas bordas. A classe de muito alta concentração de COAs engloba as águas com alta contribuição de sedimentos em suspensão nos anos de 1988 e 1998, e em 2008 e 2018 são de mais alta concentração de clorofila, em relação às outras classes dos mesmos anos. O aporte sedimentar é maior na classe de muito alta concentração, e quanto mais se afasta da costa, devido à deposição desse sedimento, mais expressiva fica a presença de clorofila, tendo em vista que a presença de sedimentos inibe a proliferação de organismos fotossintetizantes.

A presença da classe de muito alta concentração bordejando a baía, principalmente a sul e a leste, pode ser efeito da maré vazante. A morfologia plana e rebaixada do relevo local favorece a inundação durante a maré cheia, que pode chegar a 2 metros de amplitude máxima na região. A água que invade os canais, áreas de mangue e de praias retornam, na maré vazante transportando um grande volume de sedimentos e poluição orgânica. A figura 10 evidencia as baixas altitudes da área continental banhada pelas águas da baía.

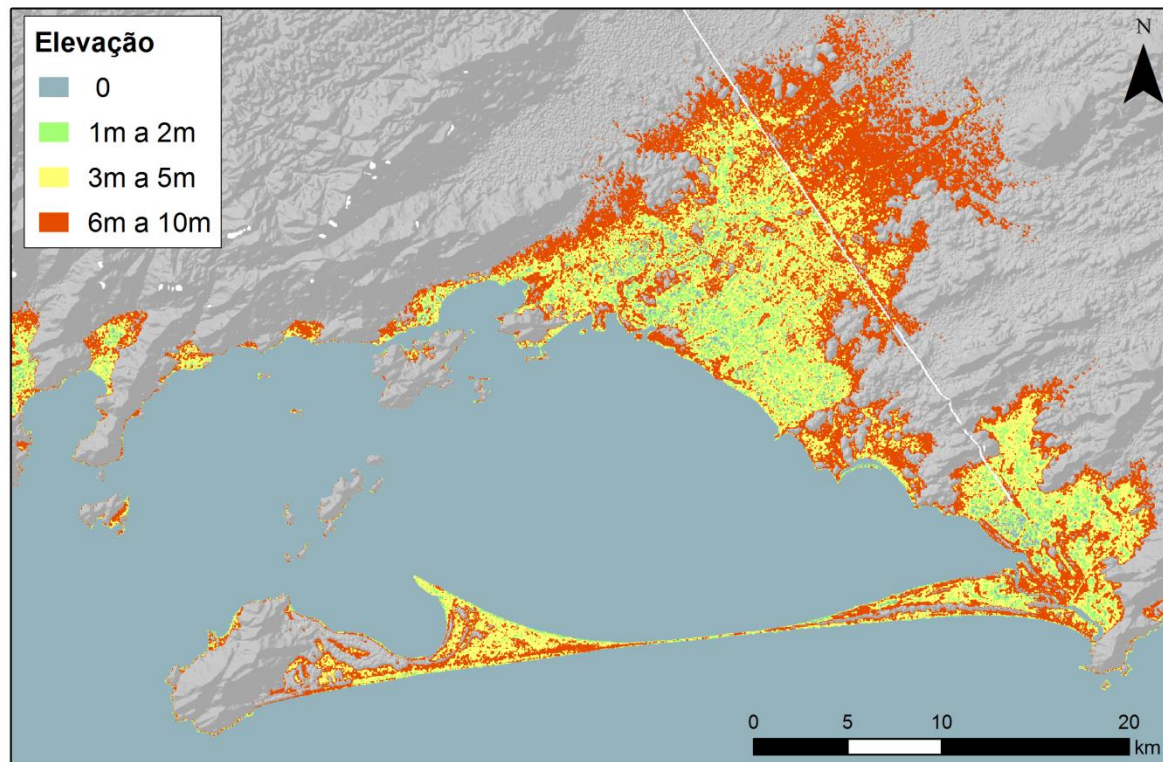


Figura 10: Modelo Digital de Terreno, evidenciando as áreas rebaixadas do relevo local. Modelo e classes geradas a partir de dados do radar SRTM, disponibilizados pela USGS.

As correntes que circulam as águas interiores da baía são influenciadas por ciclos de marés e ventos. Ventos de sudoeste, predominantes, trazem água do oceano para a baía, e geram uma circulação no sentido horário em combinação com os vindos de nordeste (COIMBRA, 2003). A figura 11 é uma adaptação de Pereira (1998) e explicita o dito anteriormente. Signorini (1980) assinala locais de potencial deposição, definidos pelo padrão de correntes, sendo eles: Saco de Coroa Grande (Noroeste da Ilha da Madeira), Itacuruçá e Muriqui, Sepetiba e Enseada das Garças (entre a praia de Sepetiba e Pedra de Guaratiba). A dinâmica descrita corrobora com a forma de propagação das plumas de turbidez no interior da baía, obtidas pela classificação feita neste trabalho, concentrando as águas relativamente mais límpidas no centro, e as mais túrbidas em direção às bordas, ressaltando os locais de deposição.

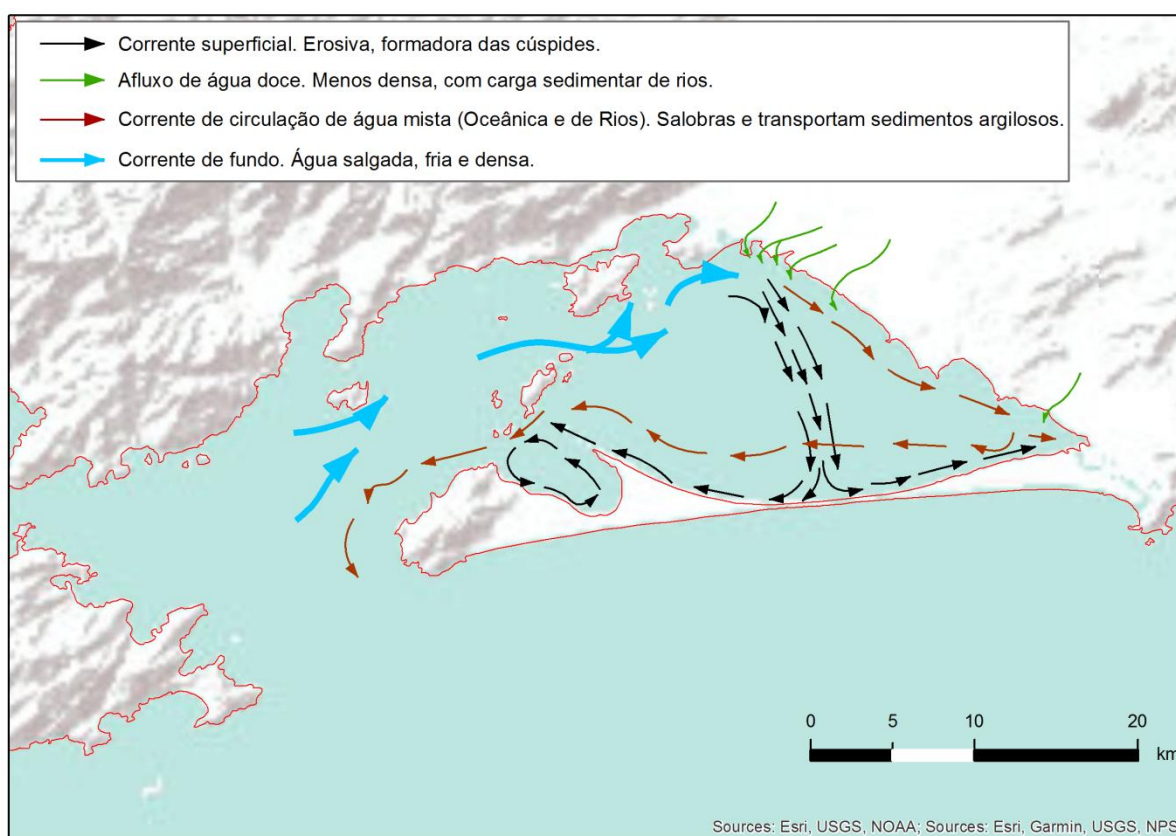


Figura 11: Correntes de circulação na Baía de Sepetiba. Adaptado de Pereira (1998).

A presença das classes de média e alta concentração de COAs na área externa, onde se espera águas mais límpidas podem ser consequência da incidência de ventos. Trabalhos feitos com dados da estação meteorológica de Santa Cruz, localizada na Base Aérea de Santa Cruz, mostram que a direção preferencial dos ventos na região é sudoeste e nordeste, com variação no decorrer do dia, predominando ventos de nordeste durante a manhã, de sudoeste durante a tarde, porém com uma componente nordeste forte, e sudoeste durante a noite (figura 12) (WALDHEIM E SANTOS, 2004; PIMENTEL *et al.*, 2014). Assim, o vento espalha, superficialmente, as águas com influência da saída do mangue em Barra de Guaratiba e da área urbana de Recreio dos Bandeirantes durante o

dia (período de aquisição das imagens pelo satélite Lansat), que condiz com as formas apresentadas das manchas túrbidas, com propagação para sudoeste. A incidência de ventos, também produz rugosidade na superfície da água, criando reflexões que dificultam sua detecção (HAN E RUNDQUIST, 1998). Este efeito pode mascarar ou superestimar a presença de partículas em suspensão.

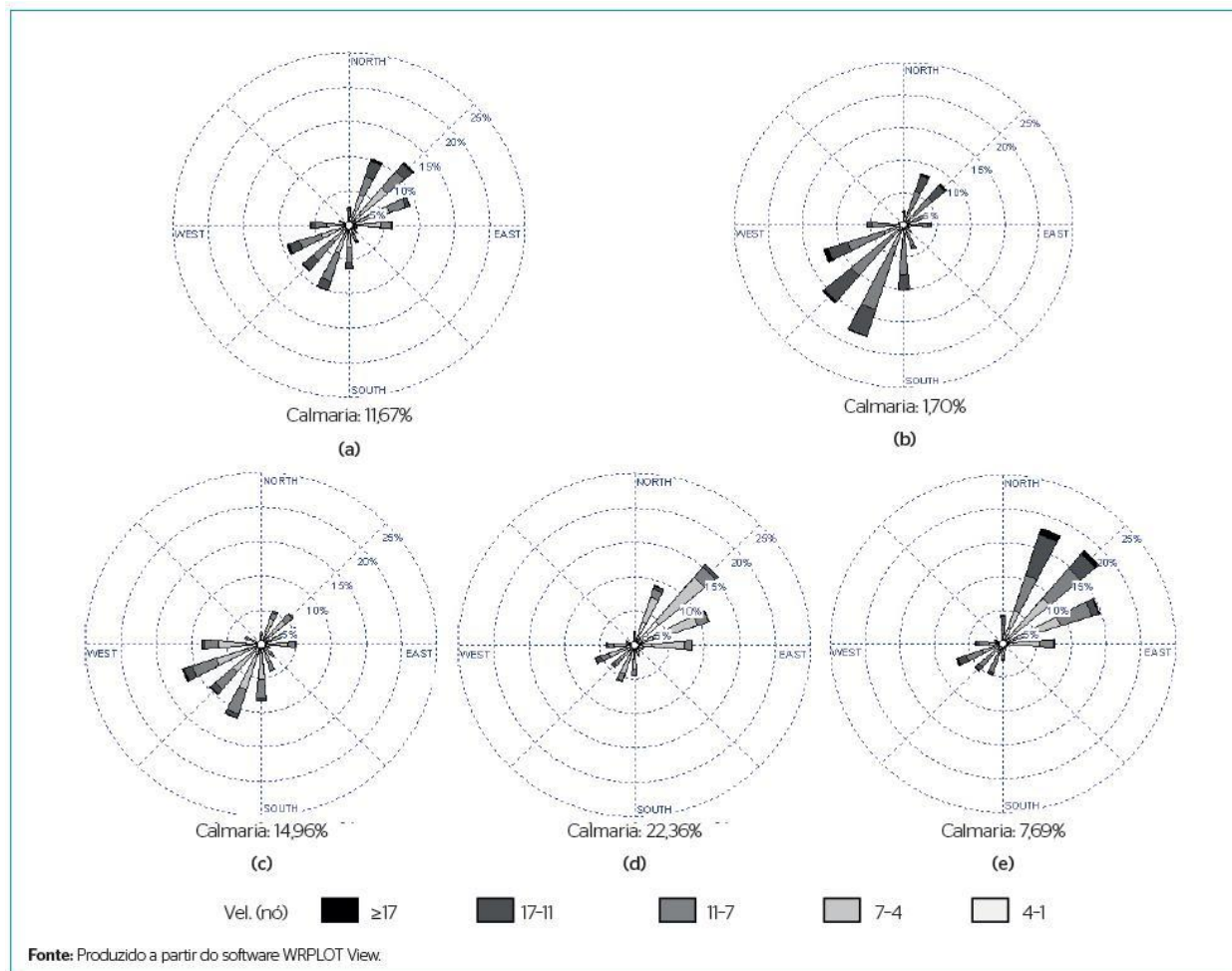


Figura 12: Diagrama de roseta das direções dos ventos, obtidas da estação meteorológica de Santa Cruz, da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica. Em a) composição total e períodos (b) tarde, (c) noite, (d) madrugada, (e) manhã. A figura foi retirada de Pimentel, *et al.* (2014).

CONCLUSÕES

Apesar das limitações analíticas do método aplicado, considera-se que os resultados obtidos foram válidos, relevantes e satisfatórios, pois seguem a lógica do funcionamento do ambiente estudado e corrobora a dinâmica ambiental relatada. As técnicas utilizadas mostraram-se eficientes no estudo da composição e qualidade da água, bem como na análise da dispersão da pluma de

turbidez, podendo auxiliar na elaboração de estratégias de monitoramento em campo e no monitoramento remoto.

Observa-se que, de forma geral, as configurações, espacial e espectral, das classes seguem uma tendência associativa em todos os anos analisados. Concatenando os resultados espectrais e espaciais, nota-se que as classes distribuem-se de maneira decrescente, em níveis de componentes opticamente ativos, para o interior da baía. Quanto mais distante da margem, menor influência continental, portanto águas gradativamente mais límpidas.

Nota-se uma diminuição do aporte sedimentar na baía a partir do ano de 1998, e uma diminuição da pluma do delta de maior contribuição, entretanto a contaminação orgânica das águas permanece bastante expressiva.

Para uma pesquisa mais robusta do fenômeno indica-se análise de cenas com menor espaçamento temporal, porém observando-se a dificuldade de aquisição de imagens sem cobertura de nuvens na região. Dados limnológicos das águas da baía poderiam ser usados para embasar a análise temporal de qualidade da água e caracterizar com mais precisão as classes determinadas, porém estes não são disponibilizados por órgãos governamentais e não foram encontrados em outras fontes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, T.; CICERELLI, R. E.; ROIG, H. L.; BAPTISTA, G. M. M.; NEUMANN, M. R. B. (2017). Delineamento amostral no monitoramento de reservatório de uso múltiplo utilizando valores digitais acumulados em imagens oli/ landsat 8. Universidade de Brasília.

ARAÚJO, D. F.; PERES, L. G.M.; YEPEZ, S.; MULHOLLAND, D. S. ; MACHADO, W.; TONHÁ, M.; GARNIER, J. (2017) Assessing man-induced environmental changes in the Sepetiba Bay (Southeastern Brazil) with geochemical and satellite data. *Comptes Rendus Geoscience* , v. 349, p. 290-298.

COIMBRA, A. G. (2003). Distribuição de metais pesados em moluscos e sedimentos nos manguezais de Coroa Grande e da Enseada das Garças, Baía de Sepetiba, RJ. Tese de Mestrado em Geociências. Universidade Federal Fluminense.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA GUANDU. (2012). Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim. Rio de Janeiro, INEA. 340 p,

- HAN, L. (1997). Spectral reflectance with varying suspended sediment concentration in clear and algae-laden Waters. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 63(6): 701-705.
- HAN, L.; RUNDQUIST, D. C. (1998). The impact of a windroughened water surface on remote measurements of turbidity. *Intl. Journal of Remote Sensing*, 19 (1): 195-201
- INEA (2018). Boletim consolidado de qualidade das águas da Região Hidrográfica II – Guandu. Disponível em <<http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/qualidade-das-aguas-por-regiao-hidrografica-rhs/>> Acesso em: 27 de maio de 2019.
- JENSEN, J.R. (2009) Sensoriamento remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos, Parêntese. 598 p.
- KISHINO, M; BOOTH, C. R.; OKAMI, M. (1984). Underwater radiant energy absorbed by phytoplankton, detritus, dissolved organic matter, and pure water. *Limnology and Oceanography*, v.29, n.2, 340 – 349.
- MACHADO, M. T. S.; BAPTISTA, G. M. M. (2016). Sensoriamento remoto como ferramenta de monitoramento da qualidade da água do Lago Paranoá (DF). *Engenharia Sanitária e Ambiental*. v.21 n.2, 357-365.
- MOBLEY, C. D. (2004) *Light and water Radiative transfer in natural Waters*. Academic Press.
- NOVO, E. M. L. M. et al. (2007). Sistemas Aquáticos Continentais. In: RUDORFF, F. T. et al. *O Sensor Modis e suas aplicações ambientais no Brasil*. São José dos Campos: A. Silva Vieira. 2007.
- PEREIRA, S. D. (1998). Influência da variação relativa do nível do mar no Manguezal de Guaratiba, Baía de Sepetiba, RJ. Tese de Doutorado em Geociências. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 110 p.
- PIMENTEL, L. C. G.; MARTON, E.; SILVA, M. S. D. ; JOURDAN, P. (2014). Caracterização do regime de vento em superfície na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. *Engenharia Sanitária e Ambiental* , v. 19, p. 121-132.
- SIGNORINI, S. R. (1980). A study of the circulation in the Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba: part I. A survey of the circulation based on experimental field data. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 29, p. 41-55.
- SPRING, Manuais – Tutorial de Geoprocessamento: Classificação de Imagens. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>> Acesso em: 20 de abril de 2019.

UFRJ (2018). Projeto Baías do Brasil. Baías de Ilha grande e Sepetiba. Disponível em <http://baidobrasil.ivig.coppe.ufrj.br/assets/relatorios/rel_ilhagrande_sepetiba.html> Acesso em: 20 de abril de 2019.

WALDHEIM, Patricia Vieira ; CARVALHO, V. S. B. ; MELLO, R. M. (2006). Relação entre altas concentrações de partículas inaláveis e o condicionamento meteorológico na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis - SC. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006.